



LA GESTIÓ DELS BOSCOS A CATALUNYA

Silvicultura planetària per a la protecció del clima



Josep G. Canadell

Director executiu de Global Carbon
Project, CSIRO Marine and
Atmospheric Research, Austràlia

Les proves aclaparadores que demostren l'origen antropogènic del canvi climàtic i la necessitat d'actuar amb urgència per mitigar les seves conseqüències més dramàtiques han fet que les nombroses estratègies d'atenuació actuals se centrin en l'alentiment i, en última instància, l'estabilització del diòxid de carboni atmosfèric (CO₂). Una d'aquestes estratègies té a veure amb el paper dels boscos i la silvicultura.

Els boscos són elements indispensables del cicle del carboni global, com a mínim per tres motius diferents i, per tant, contribueixen significativament a l'equilibri mundial de gasos d'efecte hivernacle i influeixen en el sistema climàtic.

En primer lloc, els boscos són l'ecosistema que més predomina, responsable d'extreure de l'atmosfera 3 petagrams de carboni (PgC) (1 PgC = 1.000 milions de tones mètriques) generats per les activitats humanes cada any. Això equival a absorbir el 30% de totes les emissions de diòxid de carboni procedents de la combustió de combustibles fòssils i la rompuda de terres i suposa una reducció del ritme al qual avança el canvi climàtic. Són molts els processos que contribueixen a aquest efecte d'embornal de carboni, però n'hi ha dos que destaquen de manera especial: la regeneració forestal de terres agrícoles abandonades a les zones temperades d'Europa i l'Amèrica del Nord i l'estimulació del creixement vegetal que provoca l'augment del CO₂ atmosfèric, un efecte que se sol anomenar «fertilització del CO₂». La llarga estació de creixement dels tròpics fa que l'efecte fertilitzant del CO₂ sigui especialment important a l'hora de potenciar la capacitat d'absorció de carboni d'aquesta part del planeta. I, només a Europa, la regeneració forestal representa un augment de la superfície boscosa de 0,5 milions d'hectàrees anuals des de començaments de segle.

En segon lloc, els boscos provoquen grans fluxos antropogènics cap a l'atmosfera en ser desforestats per crear noves terres de conreu o pastura. Encara que, històricament, aquest procés s'ha produït a tot el planeta i va començar amb la destrucció dels boscos temperats, actualment és un fenomen més virulent a les regions tropicals. Les emissions de carboni netes causades per la desforestació arriben a uns 1,5 PtC anuals o, dit d'una altra manera, un 16% addicional d'emissions antropogèniques que se sumen a les originades per la crema de combustibles fòssils.

En tercer lloc, existeixen 4.000 milions d'hectàrees d'ecosistemes forestals (prop d'un 30% de l'àrea total que ocupa la terra) que emmagatzemen grans quantitats de carboni i que, en conjunt, contenen més del doble del carboni present a l'atmosfera. Els reservoris més importants són els boscos tropicals, que donen cabuda a 340 PgC a la vegetació i 692 PgC al sòl, una xifra que contrasta amb els 139 i 262 PgC, respectivament, dels boscos temperats. Tot i que el carboni que hi ha a la biomassa i el sòl no afecta l'equilibri de gasos hivernacle a l'atmosfera, és possible que en el futur aquesta dinàmica canviï. Alguns exemples són la vulnerabilitat de l'Amazones, que podria transformar-se parcialment en sabana com a conseqüència de la reducció de la pluja durant aquest segle o la destrucció dels boscos inundats del sud-est asiàtic. En tots dos



.....

**La influència dels boscos
en l'equilibri global dels
gasos hivernacle i, per
tant, en el propi clima, no
admet dubte.**

.....

casos, la transició d'un sistema a un altre suposa l'alliberament de grans quantitats de carboni a l'atmosfera. Un exemple de retroalimentació negativa del canvi climàtic es troba en la progressió de la taigà cap al nord, provocada per l'escalfament de la regió àrtica a un ritme que dobla la mitjana del planeta.

Així doncs, la influència dels boscos en l'equilibri global dels gasos hivernacle i, per tant, en el propi clima, no admet dubte. La pregunta evident que es planteja ara és de quina manera i fins a quin punt aquests dipòsits forestals de carboni poden gestionar-se per mitigar l'acumulació de CO₂ atmosfèric.

Captura potencial de carboni

.....

Una primera aproximació al límit superior de captació de carboni del sòl és examinar el carboni emès durant el procés històric de transformació del sòl, uns 200 PgC, generats principalment durant la conversió de boscos en terres sense coberta arbòria. Si es té en compte que 3/4 parts d'aquest carboni van originar-se durant la conversió dels boscos i que poden ser retornades mitjançant la reforestació en els propers 100 anys, la captació potencial resultant d'uns 1,5 PgC y⁻¹ podria reduir la concentració de CO₂ entre 40 i 70 ppm cap a l'any 2100. Malauradament, aquest és un escenari inassolible ateses les necessitats d'ús extensiu del sòl per produir aliments, bioenergies o per urbanitzar o conservar que té la societat moderna.

Hi ha quatre estratègies principals que permetrien alleugerir les emissions de carboni a través d'activitats pròpies de la silvicultura: i) augmentar l'àrea forestal mitjançant la reforestació, ii) incrementar la densitat de carboni dels boscos existents, iii) produir energia de la biomassa, i iv) evitar la desforestació.

Per començar, les noves plantacions forestals per a la fixació de carboni han estat la primera activitat de caire silvícola endegada per aconseguir mitigar el canvi climàtic. El mercat internacional de voluntaris ha aconseguit una captació modesta de carboni als boscos i és probable que aquesta activitat

arribi a contribuir a petita escala als esforços de mitigació efectuats des de la terra. El principal obstacle són els preus baixos que es paguen pel carboni; caldria apujar-los perquè la fixació de carboni pogués competir amb altres usos del sòl. També és difícil comprometre l'ús d'una parcel·la a un termini tan llarg (per exemple 100 anys) per problemes com ara les incerteses de l'evolució del mercat, els preus en competència de les matèries primeres, els drets de propietat o altres qüestions que podrien posar en perill la generació de bons de carboni per part del sòl.

El Quart informe d'avaluació del Grup Inter-governamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic va calcular que podria assolir-se un potencial econòmic de 0,12 PgC y⁻¹ l'any 2030 si el preu per tona de CO₂ fos de 20 dòlars EUA i de més de 0,24 PgC y⁻¹ si el preu per tona arribés al 100 dòlars. Les emissions actuals provocades per les activitats humanes pugen a 10 PgC y⁻¹.

La transformació del sòl que es requereix és, tanmateix, considerable. La Xina ha destinat 24 milions d'hectàrees de noves plantacions forestals i regeneració natural del bosc per mirar de transformar un segle d'emissions netes de carboni al sector silvícola i ha aconseguit uns guanys nets de 0,19 PgC y⁻¹, una compensació que representa aproximadament el 13% de les emissions de combustibles fòssils al país l'any 2005.

En segon lloc, l'augment de la densitat de carboni al bosc, a través d'estratègies de gestió com ara cicles de recol·lecció més llargs o reducció de les alteracions, també aconsegueix augmentar la captura de carboni. L'extinció d'incendis i la prohibició de fer collides als boscos dels Estats Units durant el segle XX, tot i que no es va dur a terme per fixar més carboni, va produir un augment del 15% (8,1 PgC) de la biomassa forestal entre el 1927 i el 1990. La producció conjunta d'energia de biomassa i l'optimització entre captació de carboni i obtenció de fusta és una combinació particularment atractiva per a regions temperades amb poca disponibilitat de sòl per raó dels elevats preus i la gran competència amb altres usos. Tot i que les dificultats de quantificació dels avantat-

ges d'absorció de carboni nets d'algunes d'aquestes activitats podrien limitar la seva presència als mercats del carboni mundials, poden arribar a ser importants per a les estratègies de mitigació nacionals, sobretot si es fan servir de forma sinèrgica amb altres objectius i polítiques. Per exemple, les polítiques de reducció d'incendis que representen la retirada del sotabosc o l'aclariment puntual podrien contribuir a la producció de bioenergia. El potencial biofísic global de les activitats de gestió a través de l'augment de la densitat del carboni és significatiu, comparable al de la reforestació.

També la producció d'energia de biomassa podria substituir els combustibles fòssils i oferir una alternativa molt més neta i renovable. Els beneficis de l'energia de biomassa són triples: protecció del clima, seguretat energètica nacional i noves oportunitats econòmiques en l'ús del sòl per als agricultors i persones del medi rural, per això fan que sigui potencialment molt atractiva com a estratègia general a llarg termini. En última instància, la captació de carboni i la seva associació amb la producció de bioenergia, amb emissions zero en el punt de producció, seria un pas endavant que ens apropiaria a la generació d'energia neta si els preus del carboni pugen suficientment. Aquesta via pot no ser factible econòmicament fins que puguin produir-se biocombustibles cel·lulòsics de segona generació, però la generació d'electricitat com a subproducte d'activitats silvícoles o agrícoles pot convertir-se, ara per ara, en una estratègia on totes les parts hi sortirien guanyant.

Finalment, la reducció de la desforestació pot ser una de les contribucions més destacades i rentables de la silvicultura a la protecció del clima. En termes generals, evitar la destrucció de grans dipòsits de fixació de carboni des del punt de vista de la biomassa i dels sòls tindria una importància capital pel seu baix cost. Amb tot, com que els dos responsables principals de la destrucció dels reservoris de carboni són precisament l'ús del sòl i el canvi climàtic, objectius no estàtics, els reptes econòmics, culturals i institucionals que planteja són considerables.

Actualment es desforesten 13 milions d'hectàrees anuals, gairebé totes a les regions tropicals, amb unes emissions netes de 1,5 PgC y^{-1} . Reduir aquests índexs de desforestació en un 50% l'any 2050 i aturar la desforestació quan els països arribin al 50% de la seva superfície forestal actual suposaria una reducció de les emissions equivalent a 50 PgC. Aquesta estimació «50:50:50» mostra que, encara que la desforestació es mantingui de forma significativa durant els propers 40 anys, el potencial de mitigació continua sent gran. Conservar la biomassa forestal té, a més, un avantatge climàtic addicional, perquè protegeix la capacitat de fixació de carboni dels boscos, que podran continuar extraient CO_2 atmosfèric mentre creixen els arbres.

La combinació de totes les activitats silvícoles té un potencial econòmic que permetria atènyer els 0,4 PgC y^{-1} cap a l'any 2030 mitjançant la captació i l'evitació de carboni a un preu de 20 dòlars/t CO_2 ; una xifra que es doblaria a un preu per tona de 100 dòlars. Aquests nivells de captura de carboni, dels quals entre una tercera part i la meitat s'aconseguirien evitant la desforestació, podrien compensar fins a un 5% dels 20 PgC y^{-1} de les emissions previstes per a l'any 2030 a partir dels nivells de creixement actuals. Encara que pugui semblar un percentatge modest globalment, fa que la silvicultura sigui un contribuidor evident en l'estratègia de mitigació a gran escala necessària per a l'estabilització del CO_2 atmosfèric. A escala regional, però, la silvicultura a les regions tropicals i a d'altres amb més sòl disponible per projectar-hi operacions silvícoles a gran escala permetria compensar una part molt més significativa dels compromisos de reducció necessaris. És probable que les regions tropicals representin la proporció més alta de compensació de carboni a través dels boscos. Si a més s'inclou el reemplaçament dels combustibles fòssils per energia de biomassa, la silvicultura podria assolir un percentatge de compensació fins i tot superior.

Riscos

La mitigació del canvi climàtic mitjançant la silvicultura té, però, un risc: que el carboni emmagatzemat retorni a l'atmosfera a causa d'alteracions com ara incendis, plagues

.....

Les polítiques de reducció d'incendis que representen la retirada del sotabosc o l'aclariment puntual podrien contribuir a la producció de bioenergia.

.....



d'insectes, temperatures extremes o altres transformacions. L'augment recent de les àrees afectades pels incendis forestals i les plagues d'insectes han provocat que els boscos canadencs hagin passat de ser acumuladors (abans de l'any 2000) a productors de CO₂, una situació que es perllongarà durant les properes dues o tres dècades. De la mateixa manera, l'augment de la biomassa forestal a l'oest dels Estats Units, propiciat per l'extinció d'incendis i la reducció de la recol·lecció el segle passat, ara està amenaçat pels incendis, la freqüència dels quals s'ha quadruplicat com a conseqüència de l'allargament de les estacions càlides i seques. Aquests nous patrons d'alteració suposen una revisió de la creença establerta que les vastes àrees forestals, independentment de la seva ubicació, sempre serien grans contribuidores a la mitigació del canvi climàtic. La nova concepció integra els impactes del canvi climàtic en la mateixa planificació de les estratègies i les inversions silvícoles.

Aquests riscos no limiten necessàriament la contribució dels boscos i la silvicultura a la mitigació del canvi climàtic, però a escala global desplacen l'èmfasi de la compensació del carboni a través de les plantacions fixadores de carboni cap a les plantacions forestals i l'ús dels residus per a la producció de combustibles per al transport i d'electricitat, a més a més de la conservació dels dipòsits i embornals de carboni ja existents.

Malgrat que la captura de carboni per part dels boscos és bona per al clima, els boscos també poden modificar les propietats biofísiques de la superfície del sòl, com ara la reflectivitat de la llum solar (albedo) i l'evaporació, que influeixen en el forçament radiatiu del canvi climàtic. Les plantacions forestals sovint enfosqueixen la superfície del sòl en comparació amb les pastures, les terres de conreu o les superfícies cobertes de neu que substitueixen. Aquest efecte provoca una absorció més gran de la llum solar que pot escalfar el sòl a un nivell regional. Altres canvis biofísics alteren la quantitat d'aigua que s'evapora de les plantes i el sòl, la irregularitat de la coberta vegetal i la generació de núvols convectius i la pluviometria. En conjunt, aquests canvis biofísics podrien afectar els climes locals i regionals tant o fins

i tot més que el carboni que capturen; de vegades arriben a escalfar les temperatures globals en lloc de tenir l'efecte de refredament desitjat.

Els models climàtics mundials suggereixen que els programes de reforestació duts a terme a les regions boreals haurien limitat els seus avantatges climàtics a causa de la substitució de regions llueus, dominades per la neu, per cobertes forestals fosques. Per contra, els beneficis climàtics de la reforestació dels tròpics són potenciat per canvis biofísics positius com, per exemple, la formació de núvols, que reflecteixen encara més la llum solar. Aquest patrons de forçament radiatiu complet reforcen el gran potencial de les regions tropicals en la mitigació del canvi climàtic, desaconsellen grans transformacions en els usos del sòl a les regions boreals i assenyalen que caldria evitar grans canvis d'albedo a les regions temperades per maximitzar els beneficis que la captació de carboni de les zones reforestades té per al clima.

Oportunitats i desenvolupament sostenible

A petita escala, les activitats silvícoles poden tenir fàcilment avantatges climàtics i afavorir d'altres socioeconòmics. Amb tot, a mesura que els governs implementin polítiques climàtiques per complir els objectius de reducció internacionals fixats en el 20% per al 2020 i en el 60-80% cap a l'any 2050, qualsevol esforç de mitigació requerirà un enfocament a gran escala. Això provocarà una transformació igualment a gran escala dels patrons d'ús del sòl i del paisatge, i podria provocar impactes mediambientals i socioeconòmics imprevistos que comprometessin la legitimació dels projectes de reducció del carboni. A més, qualsevol nou ús massiu del sòl haurà de competir per una terra limitada o inexistent, en especial a regions amb condicions favorables per a l'obtenció de grans collites.

Entre les qüestions que més preocupen hi ha la seguretat alimentària, la reducció dels cabals i la pèrdua de biodiversitat i d'ingressos locals, entre d'altres. A les regions que tenen una disponibilitat d'aigua limitada o



La nova concepció integra els impactes del canvi climàtic en la mateixa planificació de les estratègies i les inversions silvícoles.



que depenen de les aigües subterrànies, la reducció dels cabals per a usos agrícoles, les àrees urbanes i la conservació dels ecosistemes són preocupacions de primer ordre. Recentment, els objectius de producció de biocombustible establerts als Estats Units van desviar la producció de blat de moro del consum animal a la fabricació d'etanol i això va provocar un augment global del preu dels cereals que va afectar tant les importacions dels països en desenvolupament com desenvolupats.

Sigui com sigui, les activitats silvícoles adients també ofereixen oportunitats per al creixement d'aquest sector; que ha patit dificultats econòmiques a diverses parts del món. Això podria aconseguir-se amb més ingressos destinats al desenvolupament rural, iniciatives de conservació i establiment de serveis mediambientals, a més de suport per a les comunitats indígenes. Els principis de la sostenibilitat han de dominar la resolució dels desequilibris originats pels possibles efectes secundaris, per tal de maximitzar simultàniament la protecció davant del canvi climàtic i el desenvolupament sostenible. Pel que fa a l'evitació de la desforestació i, de manera general, a la conservació dels reservoris de carboni al món, no només s'estaran protegint aquests dipòsits, sinó també la biodiversitat que acullen i una munió d'altres serveis mediambientals amb els consegüents beneficis regionals i locals, en especial per a les formes de vida indígenes.

Els reptes a què s'enfronta (arreu, però particularment als tròpics) la mitigació sostenible del canvi climàtic mitjançant la silvicultura poden solucionar-se, però són considerables. Entre ells s'inclou la necessitat de crear institucions de govern adequades per gestionar la transició cap a nous recorreguts de desenvolupament sostenibles. Un exemple de les dificultats és la manca d'una indústria fustera tropical sostenible malgrat dues dècades d'esforços nacionals i internacionals. Avui dia, només el 5% de tot el comerç fuster tropical prové de boscos gestionats sosteniblement. El mercat de carboni basat en el mecanisme del Programa de reducció de les emissions de la desforestació i la degradació (REDD) que es planteja l'ONU actualment possiblement injectaria el capital

necessari per trobar recorreguts alternatius sostenibles que no passin per la rompuda dels boscos.

S'ha proposat un enfocament més proper a la geoenginyeria per a la reforestació d'àrees àrides del món com el Sàhara o els deserts del centre d'Austràlia. L'interès en aquestes regions sorgeix de la manca de sòl disponible a moltes zones del món i de la possibilitat real d'haver de competir per una terra que podria necessitar-se per a la producció d'aliments i altres usos. Suposaria una gran despesa de capital per portar el regatge gota a gota i aigua dessalinitzada amb què regar milions d'hectàrees útils per a la plantació d'arbres. Aquest plantejament podria ser factible econòmicament en el futur amb el previsible augment dels preus del carboni. És una aposta de geoenginyeria que requereix, però, invertir en la recerca i el desenvolupament necessaris per comprendre tant les conseqüències d'una transformació del sòl tan dràstica, com la necessitat de nutrients addicionals, perquè tindria implicacions en els costos i en les emissions de gasos hivernacle (per exemple a causa de la fertilització amb nitrogen) i en el clima a escala regional, unes implicacions que, en el millor dels casos, són pràcticament desconegudes.

El potencial mundial de la captació de carboni dependrà de fins a quin punt s'arreglerin la protecció del clima i els beneficis que se'n derivin. Els preus elevats del carboni, esperonats per objectius agressius de reducció de les emissions i per la voluntat política d'incloure la silvicultura en el programa de mitigació, augmentaran la magnitud d'aquest potencial. En canvi, la manca d'implicació, d'una manera sostenible, de les regions tropicals reduirà dràsticament la importància mundial potencial dels esforços de mitigació mitjançant la silvicultura. La integració dels programes de mitigació, seguretat energètica i desenvolupament sostenible pot ser un gran estímul per a la conservació dels boscos i la seva expansió en aquest segle. ●

..... Bibliografia

CANADELL, J. G., RAUPACH, M. R., HOUGHTON, R. A. (2009) «Anthropogenic CO₂ emissions in Africa», *Biogeosciences* 6: 463-468.

CANADELL, J. G., RAUPACH, M. R. (2008) «Managing Forests for Climate Change Mitigation», *Science* 320, 1456-1457, DOI: 10.1126/science.1155458.

CANADELL, J. G., LE QUÉRE, C., RAUPACH, M. R., FIELD, C. B., BUITENHUIS, E. T., CIAIS, P., CONWAY, T. J., GILLET, N. P., HOUGHTON, R. A., MARLAND, G. (2007) «Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks», *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 18866-18870, DOI: 10.1073/pnas.0702737104.

CANADELL, J. G., KIRSCHBAUM, M., KURZ, W., SANZ, M. J., SCHLAMADINGER, B., YAMAGATA, Y. (2007) «Factoring out natural and indirect human effects on terrestrial carbon sources and sinks», *Environmental and Science Policy* 10: 370-384.

CANADELL, J. G., PATAKI, D., GIFFORD, R., HOUGHTON, R. A., LOU, Y., RAUPACH, M. R., SMITH, P., STEFFEN, W. (2007) «Saturation of the terrestrial carbon sink», a Canadell, J. G., Pataki, D., Pitelka, L., (editors), *Terrestrial Ecosystems in a Changing World*, p. 59-78. The IGBP Series. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p. 59-78.

GULLISON, R. E., FRUMHOFF, P. C., CANADELL, J. G., FIELD, C. B., NEPSTAD, D. C., HAYHOE, K., AVISSAR, R., CURRAN, L. M., FRIEDLINGSTEIN, P., JONES, C. D., NOBRE, C. (2007) «Tropical forests and climate change», *Science* 316: 985-986.

JACKSON, R. B., RANDERSON, J. T., CANADELL, J. G., ANDERSON, R., AVISSAR, R., BALDOCCHI, D. D., BONAN, G. B., CALDEIRA, K., DIFFENBAUGH, N. S., FIELD, C. B., HUNGATE, B. A., JOBBÁGY, E. G., KUEPPERS, L. M., NOSETTO, M. D., PATAKI, D. E. (2008) «Protecting Climate with Forests», *Environmental Research Letters* 3, DOI:10.1088/1748-9326/3/4/044006.

RAUPACH, M. R., MARLAND, G., CIAIS, P., LEQUÉRE, C., CANADELL, J. G., FIELD, C. B. (2007) «Global and regional drivers of accelerating CO₂ emissions», *Proceedings of the National Academy of Sciences* 14: 10288-10293.

RAVINDRANATH, N. H., MANUVIE, R., FARGIONE, J., CANADELL, J. G., BERNDES, G., WOODS, J., WATSON, H., SATHAYE, J. (2009) «Greenhouse Gas Implications of Land Use and Land Conversion to Biofuel Crops», a Howarth, R. W., Bringezu, S. (editors), *Biofuels: Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use*, Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), Island Press, Nova York.